Physique Générale A

Série d'exercices 7 : Ondes/Tension de surface/Gaz parfaits

25 Novembre 2025

Remarque: les exercices au format QCM devraient être réalisables en 2 minutes environ. Des exercices plus longs sont proposés afin d'approfondir vos connaissances. Ceux-ci font toutefois partie du champ de l'examen.

1.) **QCM A, Stade et spectateurs**

Lorsqu'une personne crie dans les gradins d'un stade, le niveau sonore au centre du terrain vaut 50 dB. En supposant que plusieurs spectateurs émettent des cris de même intensité et sont à la même distance du centre du stade, on peut affirmer que pour atteindre un niveau sonore de 100 dB, il faut :

A. 100 spectateurs
B. $1'000$ spectateurs
C. $10'000$ spectateurs
D. $100'000$ spectateurs
E. $1'000'000$ spectateurs

2.) **QCM K', Deux baleines dans l'océan**

Deux baleines B1 et B2 de la même espèce sont dans l'océan. B1 est en mouvement et émet un son d'une fréquence de 20 Hz. B2 connaît la fréquence d'émission de B1 et est au repos. B2 perçoit le signal de B1 à la fréquence de 20.108 Hz. ($v_{eau} = 1490$ m/s). On peut affirmer que :

A. B2 déduit que B1 s'éloigne à la vitesse de 8 m/s.
B. B2 déduit que B1 se rapproche à la vitesse de 8 m/s.
C. B1 reçoit l'écho de son signal provenant de B2 à la fréquence de 20 Hz.
D. B1 reçoit l'écho de son signal provenant de B2 à une fréquence supérieure à 20.108 Hz.

3.) **QCM A: Tension de surface, paroi liquide**

Trouvez la pression absolue de l'air à l'intérieur d'une bulle de savon de rayon $R = 10$ cm. La tension de surface du film de savon est $\gamma = 3.5 \times 10^{-2}$ N/m. La pression extérieure est $P_0 = 10^5$ Pa.

A. 1.4 Pa
B. 2.8 Pa
C. 100001.4 Pa
D. 100002.8 Pa
E. 100000.7 Pa

4.) **QCM K': Tension de surface, alvéole pulmonaire**

Dans le poumon, chaque alvéole est tapissée d'une membrane élastique induisant une tension superficielle $\gamma = 70$ mN/m. En réalité, les pneumocytes produisent un surfactant, mélange lipidique et protéique qui recouvre l'intérieur des alvéoles et diminue cette tension superficielle à $\gamma = 10$ mN/m.

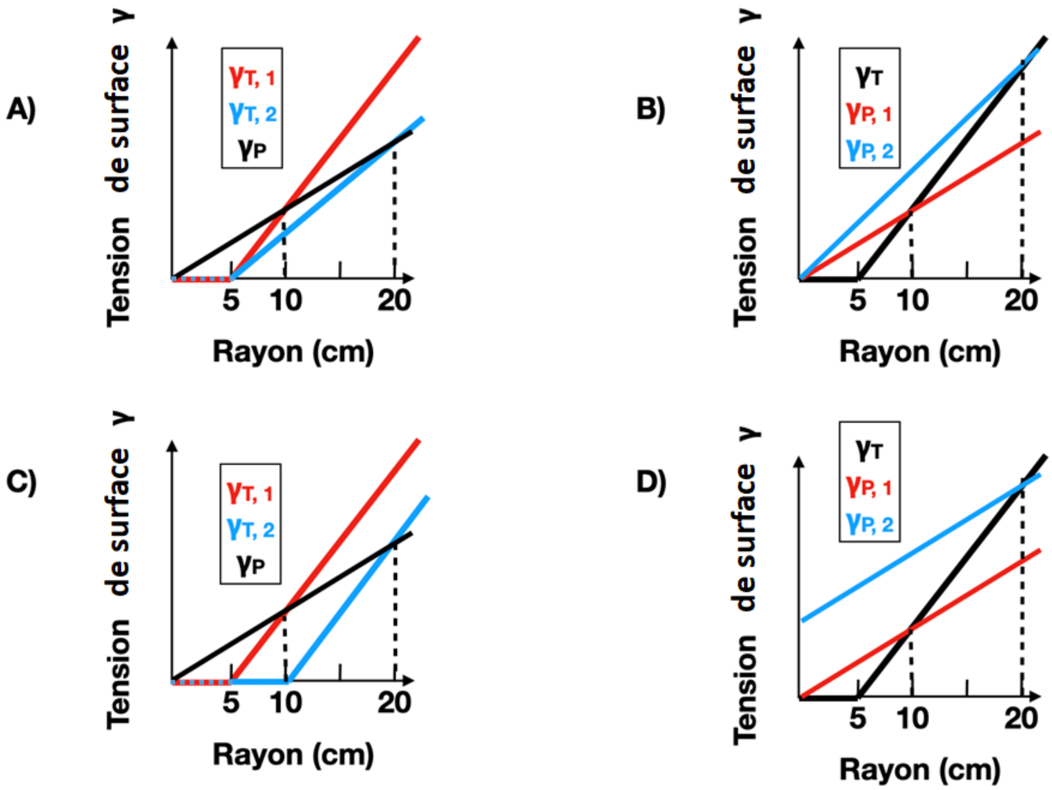
A. Pour une alvéole sphérique de rayon $r = 100$ μm, la surpression interne en l'absence de surfactant vaudrait 1400 Pa.
B. Pour une même tension superficielle, les petites alvéoles sont plus stables que les grandes.

C. Avec surfactant, la surpression dans l'alvéole vaut 14.3% de celle sans surfactant.

D. En l'absence de surfactant, l'air pourrait migrer plus facilement entre deux alévoles connectées de tailles différentes.

5.) **QCM A: Tension de surface pour une membrane élastique**

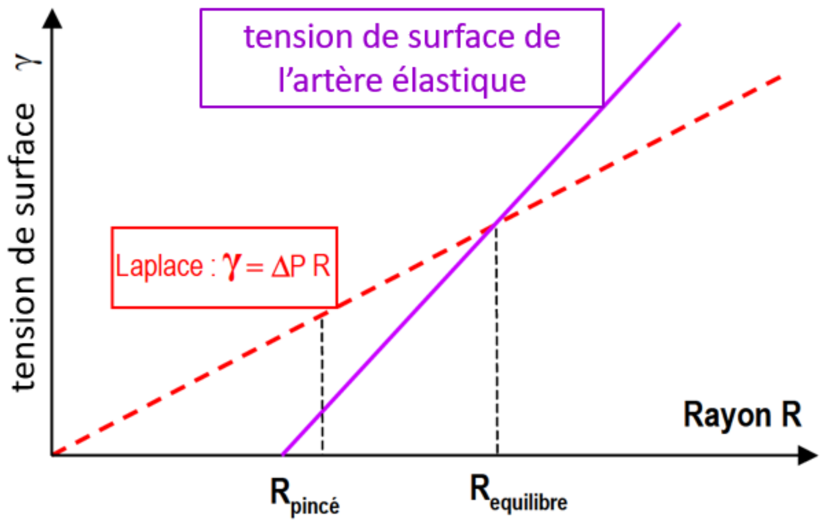
Un enfant gonfle un ballon. En suivant la notation utilisée dans les diapositives du cours, on dénote par γ_P la tension de surface créée par la surpression de l'air dans le ballon, tandis que γ_T est la tension de surface de la paroi élastique du ballon. La paroi du ballon commence à se tendre lorsque le rayon vaut 5 cm. La courbe rouge dans le graphique se réfère à l'instant t_1, quand le ballon avait un rayon de 10 cm. La courbe bleu se réfère à l'instant t_2, quand le ballon a un rayon de 20 cm. Quel graphique décrit correctement la situation selon la méthode de résolution graphique expliquée dans le cours ?



E) Aucune des options proposées

6.) **QCM K': Tension de surface, artère élastique**

La tension de surface de l'enveloppe d'une artère cylindrique est donnée sur le graphique ci-dessous. On diminue le rayon de l'artère en la pinçant (le rayon est donc réduit à $R_{\text{pincé}}$). On suppose que la pression sanguine reste constante. Par rapport à la situation d'équilibre, on peut affirmer qu'à l'endroit du pincement :



A. La tension de surface de l'enveloppe de l'artère est plus faible

B. La tension de surface produite par la pression sanguine est la même

C. La tension de surface produite par la pression sanguine diminue moins fortement que la tension de surface de l'enveloppe de l'artère

D. La tension de surface de l'enveloppe de l'artère est plus petite que la tension de surface produite par la pression sanguine

7.) **QCM K': Gaz parfaits**

On considère un échantillon de gaz parfait de volume $V = 3.2$ L à une pression $P = 1.5 \times 10^5$ Pa et une température $T = 25°$C.

A. 0 K vaut $-273.15°$C et la température de l'échantillon vaut -248.15 K.

B. La quantité de matière de gaz parfait est proportionnelle à la température.

C. La quantité de matière de gaz parfait dans l'échantillon est égale à 2.3×10^{-1} mol.

D. Un autre gaz dans les même conditions de pression et de température, mais avec un volume $V = 1.6$ L et une quantité de matière de gaz $n = 9.7 \times 10^{-2}$ mol n'est pas un gaz parfait.

8.) **QCM A : La masse de l'air dans une chambre**

On considère une chambre carrée, de 5 mètres de côté avec une hauteur de plafond à 2.5 mètres. La température dans cette chambre varie de 290 K en hiver à 27°C en été. La pression est toujours égale à 10^5 Pa. Determinez la difference de la masse de l'air entre l'hiver et l'été. On donne la masse molaire de l'air: 29 g/mol.

A. 5 kg

B. 2.5 kg

C. 1 kg

D. 100 g

E. La différence de masse est si petite qu'elle ne peut pas être mesurée

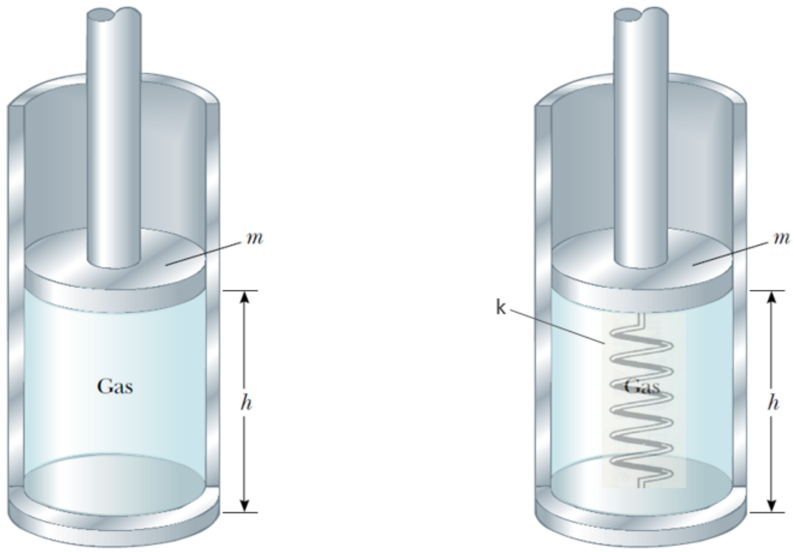


Figure 1: Gauche: piston et cylindre. Droite: piston, cylindre et ressort.

9.) **Exercice d'approfondissement: Gaz parfait et piston**

Un cylindre vertical de section transversale A est équipé d'un piston bien ajusté et sans frottement de masse m (Fig. 1 à gauche). L'air extérieur est à la pression atmosphérique P_0 et la pesanteur terrestre est g.

A. Si n moles d'un gaz parfait se trouvent dans le cylindre à une température T, quelle est la hauteur h à laquelle le piston est en équilibre sous son propre poids ?

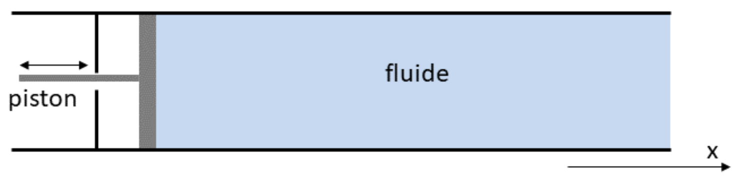
B. Quelle est la valeur de h si $n = 0.2$ mol, $T = 400$ K, $A = 0.008$ m^2 et $m = 20$ kg ? On prend $g = 10$ m/s^2, $P_0 = 10^5$ Pa et $R = 8.314$ J mol^{-1} K^{-1} (constante des gaz parfaits).

C. On modifie l'exercice en ajoutant un ressort vertical de raideur k qui relie le piston à la base inférieure du cylindre, comme illustré dans la figure à droite. La longueur au repos du ressort est l_0. La masse et le volume du ressort sont négligeables. Quelle est la nouvelle hauteur h d'équilibre pour le piston?

D. Calculer la valeur de h si $k = 50$ N/m, $l_0 = 0.1$ m et les autres données sont le mêmes qu'à la question B.

10.) **Exercice d'approfondissement: Onde de pression**

Une onde de pression est une onde longitudinale : l'amplitude de l'onde se fait dans le sens de la propagation. Considérons un tuyau de section A contenant un fluide de masse volumique ρ. Un piston situé à l'extrémité gauche du tuyau peut se déplacer pour comprimer ou détendre le fluide. La compression créée par le piston se propage ensuite le long du tuyau. Une fois que l'onde se propage, il est possible de décrire l'évolution de la pression à tout instant t et toute position x le long du tuyau. Cette description est donnée par une équation d'onde. Les étapes suivantes vont nous permettre de trouver cette équation.



A. On considère une petite tranche du tuyau, de longueur dl (et de volume $dV_0 = A \cdot dl$) à l'instant t. Ecrire l'expression des forces totales appliquées sur le volume. (indices : la somme des forces dépend de la différence de pression entre les deux cotés du volume considéré. La variation d'une fonction est donnée par sa dérivée.)

B. Sous l'effet des forces appliquées, les particules contenues dans le volume dV bougent légèrement, ce qui va causer une propagation de la variation de pression . On écrit ce déplacement $\psi(x,t)$. Ecrire la deuxième loi de Newton, en fonction de ρ et de ψ.

C. Utiliser les deux résultats précédents pour obtenir une égalité reliant le mouvement $\psi(x,t)$ des particules à la variation de pression $p(x,t)$.

D. Rappeler l'expression de la compressibilité.

E. Ecrire l'expression du volume considéré, lorsque les particules se sont déplacées d'une petite distance $\psi(x,t)$ à gauche et a droite de la tranche.

F. Réecrire ce résultat en utilisant le module K et la variation de pression, qu'on écrira $p(x,t)$. On cherche donc une expression qui relie le petit déplacement des particules $\psi(x,t)$ au changement de pression local $p(x,t)$.

G. Dériver l'expression trouvée deux fois par rapport au temps.

H. Utiliser les résultats des points C et G, pour écrire une équation contenant uniquement la surpression $p(x,t)$ ainsi que les constantes K et ρ. C'est l'équation d'onde de d'Alembert.

I. Trouver l'expression de la vitesse de propagation de l'onde dans le cas particulier de l'onde de pression longitudinale.

Réponses:

1.) D

2.) Faux, Vrai, Faux, Vrai

3.) C

4.) Vrai, Faux, Vrai, Vrai

5.) B

6.) Vrai, Faux, Vrai, Vrai.

7.) Faux, Faux, Faux, Faux

8.) B

9.) A) $h = \frac{nRT}{mg+P_0A}$; B) $h = 0.665$ m; C) $h = \frac{1}{2}\left[l_0 - \frac{mg+P_0A}{k} + \sqrt{\left(l_0 - \frac{mg+P_0A}{k}\right)^2 + 4\frac{nRT}{k}}\right]$; D) $h =$ 0.647 m.

10.)
A. $\sum F \approx -\frac{\partial p(x,t)}{\partial x} \cdot dl \cdot A$
B. $\sum F = \rho \cdot A \cdot dl \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2}$
C. $\rho \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t} = -\frac{\partial p(x,t)}{\partial x}$
D. $K = V_0 \frac{\Delta P}{\Delta V}$
E. $\frac{V-V_0}{V_0} = \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial x}$
F. $p(x,t) = -K\frac{\partial \psi(x,t)}{\partial x}$
G. $\frac{\partial^2 p(x,t)}{\partial t^2} = -K\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2}\right]$
H. $\frac{\partial^2 p(x,t)}{\partial t^2} = \frac{K}{\rho}\frac{\partial^2 p(x,t)}{\partial x^2}$
I. $v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$